

MODELO DE APLICACIÓN DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO AL ANÁLISIS DEL TERRITORIO

Vázquez Arenas, Gemma
gemma.vazquez@upct.es

García-León, Josefina
josefina.leon@upct.es

Silvente Martínez, M^a José
mjose.silvente@upct.es

Ros-Torres, Josefa
josefa.ros@upct.es

Universidad Politécnica de Cartagena

RESUMEN

Se quiere exponer una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, la selección multicriterio, que permite la aplicación de criterios de idoneidad ponderados según la importancia de cada uno de ellos en función de la eficiencia energética y la integración en el paisaje tras la aplicación de criterios exigibles según la normativa urbanística vigente del lugar en el que se trabaje.

Esta herramienta es utilizada en la zona oeste del Municipio de Cartagena para obtener la mejor ubicación de un hotel rural teniendo en cuenta los criterios exigibles legales junto con la pendiente y orientación del terreno, la accesibilidad desde las rutas de senderismo y cercanía a vías de comunicación y suministro.

PALABRAS CLAVE

Selección multicriterio, idoneidad, toma de decisiones

1. INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objetivo resolver mediante una selección multicriterio la toma de decisiones de la localización óptima de un hotel rural en la zona oeste del término municipal de Cartagena que puede verse en la figura 1.

Para ello se ha realizado el desarrollo del proceso metodológico para obtener un modelo de evaluación de la capacidad del territorio, consistente en definir los métodos, criterios, factores y variables territoriales, que se van a tener en cuenta así como la relación entre ellos y su influencia.

Para aplicar este modelo de evaluación utilizaremos un Sistema de Información Geográfica libre, gvSIG como proyecto de carácter demostrativo, estos sistemas permiten operar aislada y conjuntamente con las más diversas variables espacialmente consideradas favoreciendo el análisis multicriterio, ya que posibilitan combinar y valorar simultáneamente los criterios con sus factores a través del manejo de las variables dentro de unas determinadas reglas de decisión. Por ello, los SIG son esenciales para estas tareas, y pueden ser usados para desarrollar herramientas de ayuda a la decisión, muy flexibles y aplicables a problemas tales como la ubicación de emplazamientos óptimos.

Para evaluar el territorio con relación a unos determinados objetivos, se necesita seleccionar el método de evaluación y definir los procesos operativos y las ponderaciones que orientan la valoración. Por ello, al seleccionar el método de evaluación multicriterio, hay que determinar la estructura de

criterios, factores y variables. La tarea consiste en indagar sobre ellos en relación con el objetivo, acotándolo en varias partes más concretas. Los recursos territoriales, de edificación y equilibrio con el medio ambiente más significativos del medio rural serían el paisaje, las infraestructuras, el turismo y el aprovechamiento energético.

Este desarrollo metodológico a través de SIG nos permite medir la capacidad de las alternativas de estudio. El concepto de capacidad, se basa en otros conceptos básicos, como son la aptitud, que sería el grado de adaptación del medio a los requerimientos del objeto para el que es evaluado, las restricciones, que serían los factores incompatibles con el objeto y el impacto, serían los efectos negativos que pueden derivarse de su implantación.

El proceso de toma de decisiones multicriterio, sigue un esquema característico, que se divide en dos fases, por una parte la estructuración del problema de decisión, que consistiría en su definición, la identificación de alternativas y la determinación de criterios y por otra el análisis del problema de decisión que consistiría en la evaluación de alternativas y en la elección de una opción.

Posteriormente habría que implementar las decisiones y evaluar los resultados a partir de métodos jerárquicos de análisis.

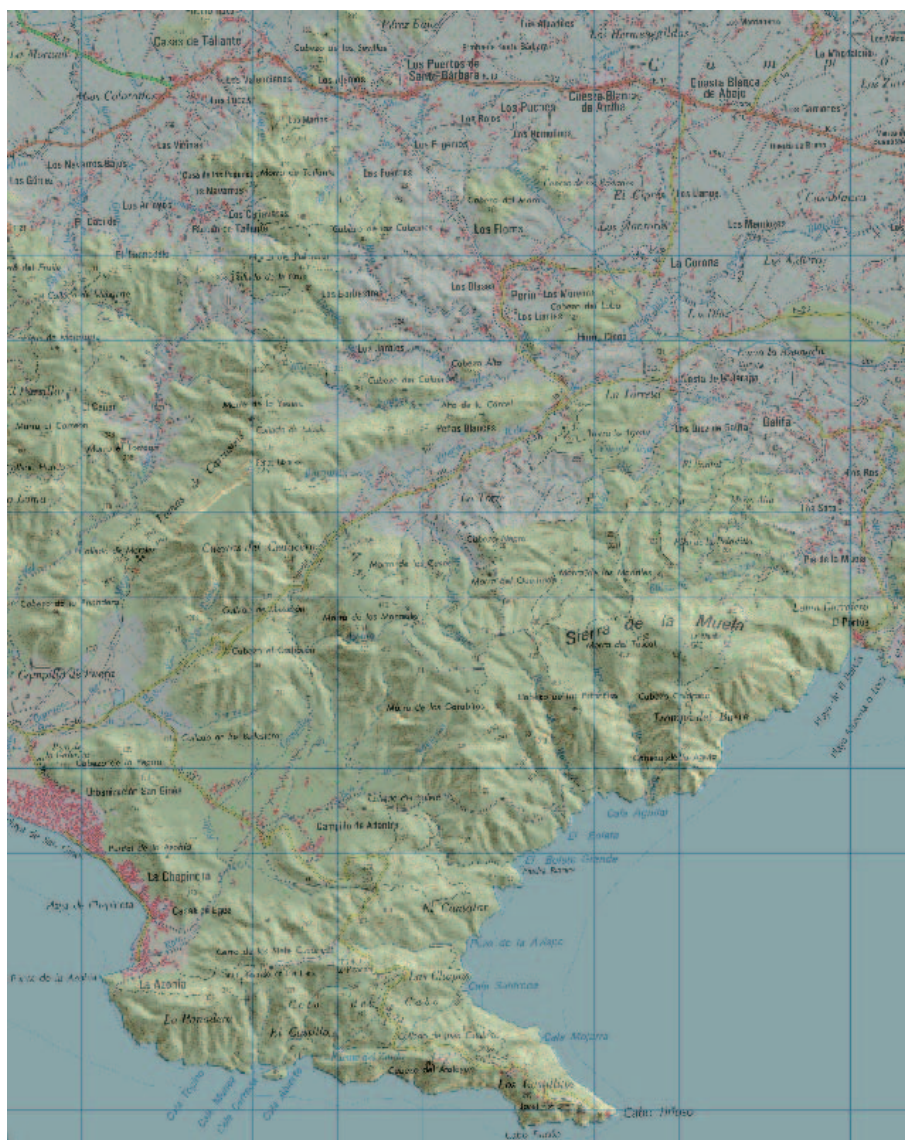


Figura 1. Zona de estudio perteneciente al término municipal de Cartagena, mapa topográfico nacional del IGN sobre Modelo Digital del Terreno.

La utilización combinada de los SIG y las técnicas de evaluación multicriterio constituyen unas herramientas muy útiles para su aplicación en los procesos de evaluación territorial. Así el método adquiere la máxima aplicabilidad posible, dando la opción de investigar el número de alternativas y, en definitiva, facilitar la toma de decisiones. Como se afirma, las ventajas de utilizar estas técnicas radican en poder resolver con todo rigor la interrelación de las diversas variables del territorio, otorgándosele el peso y la proporcionalidad adecuada o necesaria en cada momento.

2. DESARROLLO DEL PROCESO METODOLÓGICO

Establecer los criterios de la evaluación consiste en especificar las bases en las que se va a fundamentar la valoración de los tres componentes esenciales, la restricción, la aptitud y la vulnerabilidad.

En los criterios de restricción se ha indagado en la restricción legal, ya sea por ordenamiento territorial, por planeamiento municipal o por protecciones medioambientales, que pueden excluir la zona de la evaluación, pero también se han seguido restricciones puramente físicas o naturales como la pendiente del terreno, así como otras más artificiales como es una distancia mínima con respecto a líneas de alta tensión.

Los criterios de aptitud, son mucho más heterogéneos y vinculados a características muy precisas del objeto de la evaluación. En el caso del paisaje se han analizado las unidades homogéneas del paisaje estructuradas dentro de cuencas visuales, teniendo en cuenta fundamentalmente la calidad paisajística del espacio abarcado en la cuenca visual. En el caso del senderismo, se han establecido las posibles rutas senderistas indicando los puntos atractivos de las mismas. La orientación del terreno se ponderará en función del ángulo del terreno. También se han tenido en cuenta las distancias a los suministros, tanto eléctricos como de agua y los accesos a las vías de comunicación.

Los criterios de vulnerabilidad o impacto, podrían ser valorados a partir de la fragilidad que indican las fichas de cada una de las unidades homogéneas de paisaje, también se podrían tener en cuenta el riesgo de incendios, el riesgo sísmico y otras variables, pero en este trabajo no se han considerado.

Acotados los criterios, hay que decidir, de acuerdo a ellos, cuales son los factores que permiten valorar un espacio en función de ese criterio y en relación a estos factores delimitar las variables geográficas que pueden ser el instrumento de esta valoración, y sus escalas de medida.

En la figura siguiente se detalla el esquema organizativo del estudio.

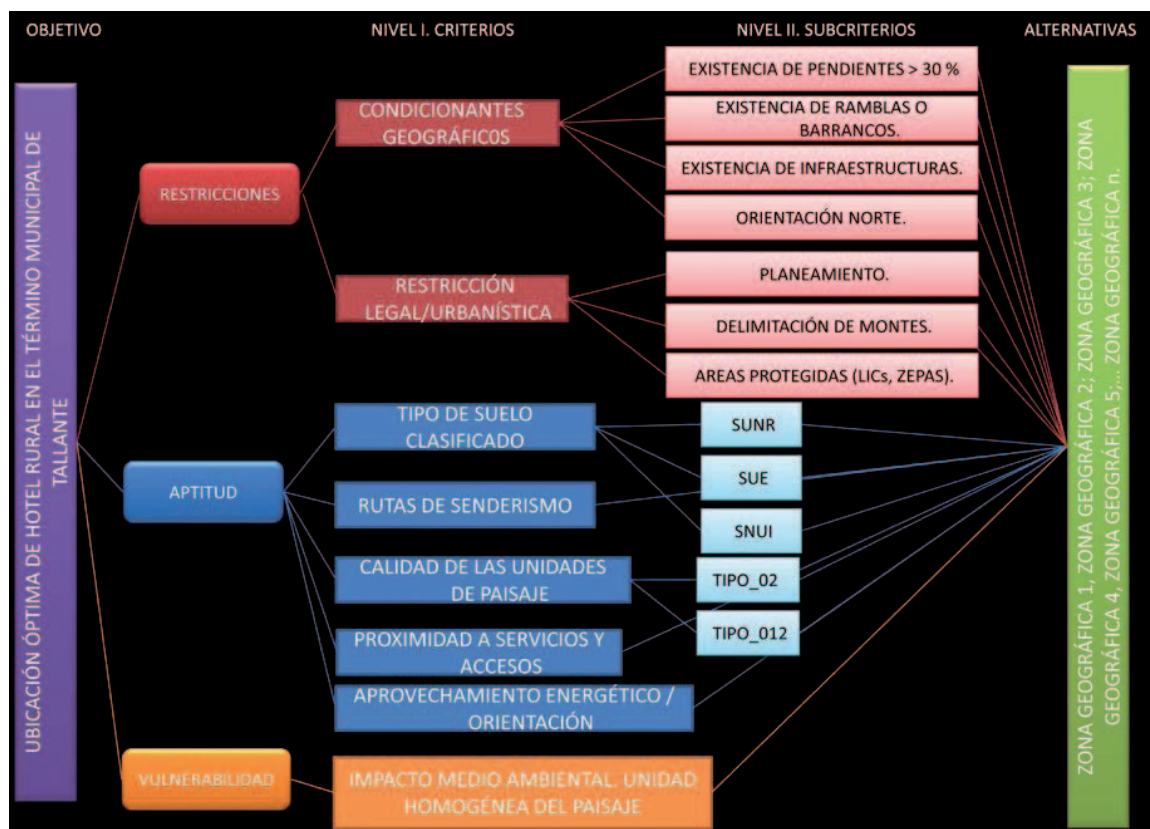


Figura 2. Esquema de la organización jerárquica para el estudio de casos.

La obtención de las alternativas una vez realizado el estudio se basarán en las reglas de decisión que se apliquen en función de los criterios elegidos. Estos criterios establecen el valor de aptitud, de impacto o la forma de valorar la capacidad de las soluciones.

Los criterios pueden ser medidos mediante varios factores, teniendo cada uno de ellos una importancia diferente, por lo que se abordará un problema en los que hay que tener diversos puntos a valorar y un número finito de alternativas que cumplan con ellos.

La solución a dicho problema se ha afrontado en este trabajo mediante dos métodos, uno de ellos gráfico aplicando la herramienta gvSIG, tal y como se ha indicado anteriormente, obteniendo así un número de alternativas y posteriormente aplicando una metodología mediante Analytic Hierarchy Process (AHP), o proceso de análisis jerárquico, propuesto por T.L. Saaty en 1980, a través del cual se optimiza la solución mediante un proceso de toma de decisiones dotado de un rigor científico.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se ha aplicado el proceso metodológico en la zona de estudio, en diferentes fases, en la primera se han considerado las restricciones establecidas en el esquema de la organización jerárquica, para de este modo obtener la capa modelo de acogida y en ella establecer los criterios ponderados de aptitud para obtener los lugares óptimos.

Entre las restricciones se han tenido en cuenta las siguientes:

- Los lugares de interés Comunitario (LIC) que en nuestro caso hay dos Cabezos de Pericón y la Muela y Cabo Tiñoso.
- Los montes, existiendo una sola área de propiedad del estado que corresponde con Cabo Tiñoso y Algameca.
- Zonas catalogadas de especial protección para las aves (ZEPA) existiendo la zona La Muela-Cabo Tiñoso.
- Zonas con peligro de inundación, evitando no sólo la propia rambla, sino también su zona de influencia.
- Zonas de líneas de alta Tensión (LAT), existiendo en la zona dos de ellas, por lo que se han localizado, insertado y establecido una restricción de 100m a cada lado de dichas líneas.
- Autovías y zonas de influencia de la misma, se ha aplicado la restricción en el área ocupada por la autovía así como un radio de 50 metros a ambos lados de la misma.
- Pendientes del terreno, siguiendo nuestro modelo teórico, se han eliminado aquellas zonas que tenían más de un 30 % de pendiente.
- Planeamiento, se han seleccionado aquellas zonas que tuviesen una clasificación en el planeamiento de Suelo Urbano en Núcleo Rural (SUNR), Suelo No Urbanizable Inadecuado para el desarrollo (SNUI) y Suelo Urbanizable Especial sin sectorizar (SUE). Descartándose o eliminándose el resto de tipos de suelo según el planeamiento del ayuntamiento. Cada uno de ellos con un grado de aptitud y unas condiciones especificadas en el texto refundido de la Ley del Suelo de la Región de Murcia, Decreto Legislativo 1/2005, conforme a la redacción del PGMO de Cartagena.
- Orientaciones, con el modelo digital de elevaciones, se ha realizado el modelo de orientaciones, eliminando las direcciones Norte, Noreste y Noroeste.
- Se ha evitado la cercanía a lugares que pudieran crear un entorno incomodo, como cementerios o cebaderos entre otros.
- De las zonas obtenidas, al resultar de varios propietarios catastrales, también se ha considerado que al menos una parte con una morfología adecuada fuera tan solo de un propietario, teniendo además la propiedad al menos 10.000 m².

Hay que aclarar que al aplicar estas restricciones, que están directamente relacionadas, muchas de ellas tenían en cuenta varios de estas consideraciones, por ejemplo, en el planeamiento tenía incluidas las restricciones de zonas inundables, autovía y servidumbres, LIC y Montes. Todo ello nos permite comprobar la calidad de los datos y la homogeneidad de los mismos, así como reafirmarnos en los factores restrictivos que se han tenido en cuenta.

Aplicando cada uno de esos puntos, se han ido obteniendo los siguientes mapas resultado, en la figura 3 se muestran en verde las zonas con diferentes tipos de protección, ya sean LIC, ZEPA o Montes, en la figura 4 se muestran las áreas protegidas por el planeamiento en amarillo incluyendo zonas de riesgo de inundación, la autopista con su zona de influencia en lila y en morado las líneas de alta tensión con su área de influencia, finalmente en la figura 5 se han dividido las zonas entre las que tienen una pendiente menor del 30 % que están en un color morado y las que tienen una pendiente mayor que están en gris y son las zonas que no se han considerado al aplicar la restricción de pendientes.



Figura 3. Áreas protegidas Red Natura, LIC, ZEPA, Montes (verde).



Figura 4. Áreas protegidas por planeamiento (amarillo), SNUE (protección medioambiental y ramblas) (lilas), SNUP (Sistemas Generales y nuevos regadíos), LAT (morado).



Figura 5. Pendientes inferiores a 30° (morado).

En la figura 6 se muestra en azul claro el suelo no urbanizable inadecuado para el desarrollo, en azul más oscuro el Suelo Urbanizable Especial sin sectorizar y en negro el Suelo Urbano de Núcleo Urbano, eliminando las restricciones incluidas en las figuras 3, 4 y 5.

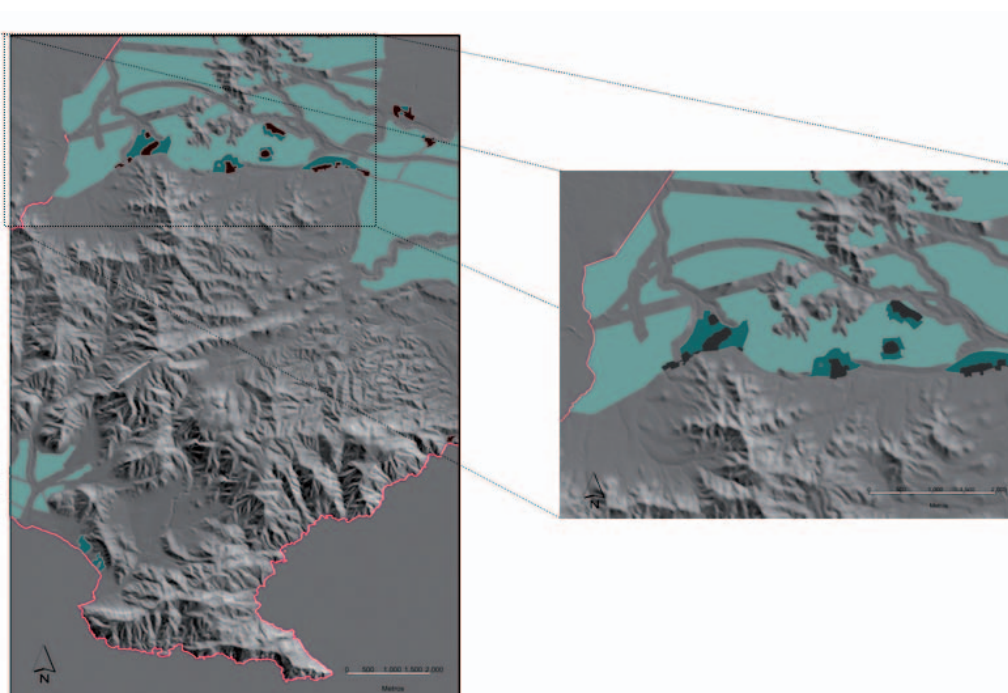


Figura 6. Zonas aptas mostradas en azul en función del planeamiento, SUNR (negro), SUE (azul oscuro) y SNUI (azul claro), aplicando las restricciones de protección medioambiental y de pendiente.

Por último, se han descartado para el estudio aquellas zonas orientadas a norte, mientras si se han tenido en cuenta aquellas con orientación este (45.01° - 135°), orientación oeste (225.01° - 315°) y orientación sur (135.01° - 225°). Estas zonas pueden verse en la imagen de la figura 7. En cuanto al interés turístico, destacar las rutas de senderismo especificadas, que son 5 de diferente longitud, dificultad y objetivos (figura 8).

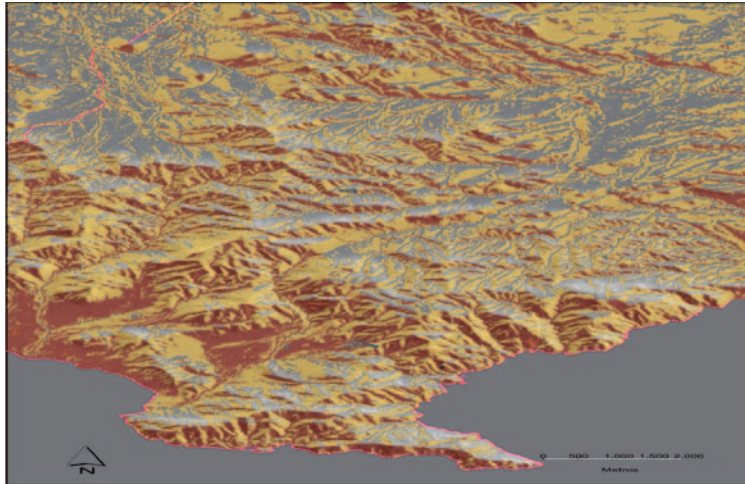


Figura 7. Mapa que muestra en amarillo las orientaciones del terreno Este-Oeste, en granate las de orientación Sur y en gris las de orientación Norte que se les ha aplicado el criterio de restricción.

Las zonas elegidas muestran un gran interés por las características biológicas, de conservación, volcánicas, costumbres autóctonas, cultura rural del Campo de Cartagena, lo cual las hace más interesantes para el estudio, y se une a la potenciación que se pretende hacer de dicha zona en contraposición de aquellas que se encuentran más explotadas, con lo que se ha excluido la línea de costa de la selección y se ha considerado también la zona con mayor concentración de rutas de senderismo del ala oeste del Municipio.

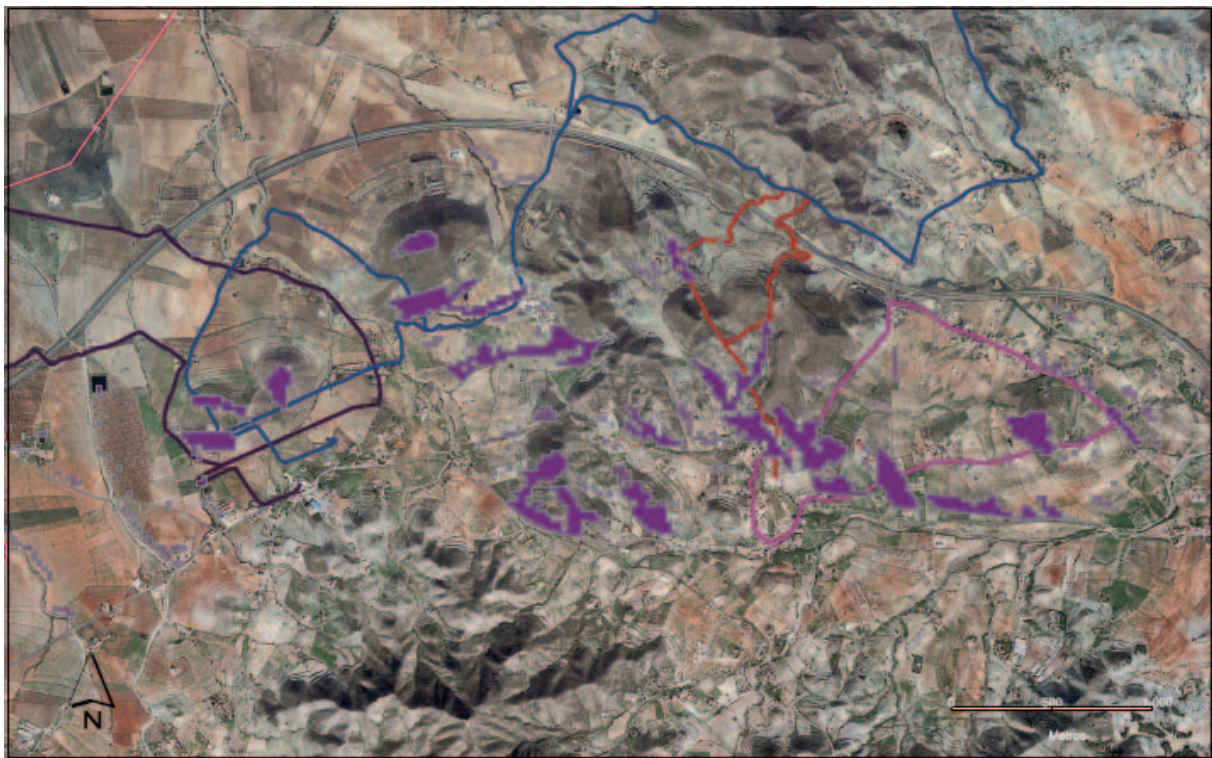


Figura 8. Zonas seleccionadas (moradas) con el Sistema de Información Geográfica aplicadas las restricciones y algunos de los subcriterios de aptitud, con una superficie mínima de 10.000m^2 , con las rutas de senderismo de la zona(líneas marcadas en color), sobre ortoimagen de 2009.

Una vez aplicados las restricciones y varios criterios en la zona de estudio mediante gvSIG, se han obtenido diversas zonas que cumplen con ellos, como se puede ver en la figura 8. De todas estas zonas se han realizado una selección con aquellas que cumpliesen unas condiciones morfológicas determinadas, condiciones del terreno o características parcelarias.

Teniendo en cuenta todo lo anterior se han delimitado 7 zonas como alternativas para la posible ubicación del hotel rural, como se muestra en la figura 9.

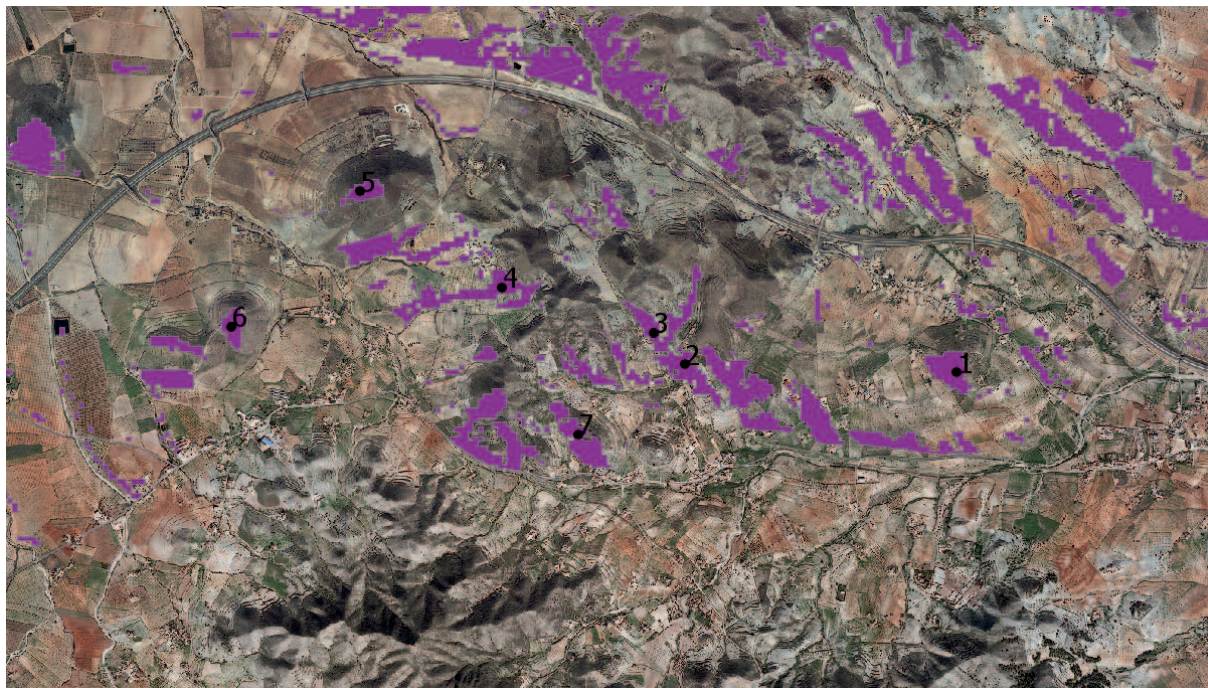


Figura 9. Ortoimagen con las 7 zonas seleccionadas para la posible ubicación del hotel rural. Escala 1_20.000.

A partir de este punto, se aplican los criterios de aptitud mediante método AHP, para la selección de las alternativas.

El establecimiento de las prioridades se realizará mediante comparaciones por pares de los criterios, los subcriterios y las alternativas, reflejando la preferencia de cada uno de los factores con respecto a otro a través de un juicio de valor expresado de forma numérica.

Los valores están determinados en la escala fundamental del AHP propuesta por Saaty (figura 10), formada por nueve juicios de valor.

La solución a la determinación de las preferencias de los criterios y subcriterios establecidos, así como de las alternativas se realizará a partir de matrices de comparaciones pareadas.

Para tener la seguridad que los juicios de valor emitidos en dichas matrices, son válidos para la toma de decisiones, se debe de determinar la proporción o razón de consistencia (CR) de cada una de ellas.

Se muestra a continuación la matriz de comparación obtenida para los criterios de aptitud aplicados en este estudio a partir del método AHP de análisis jerárquico.

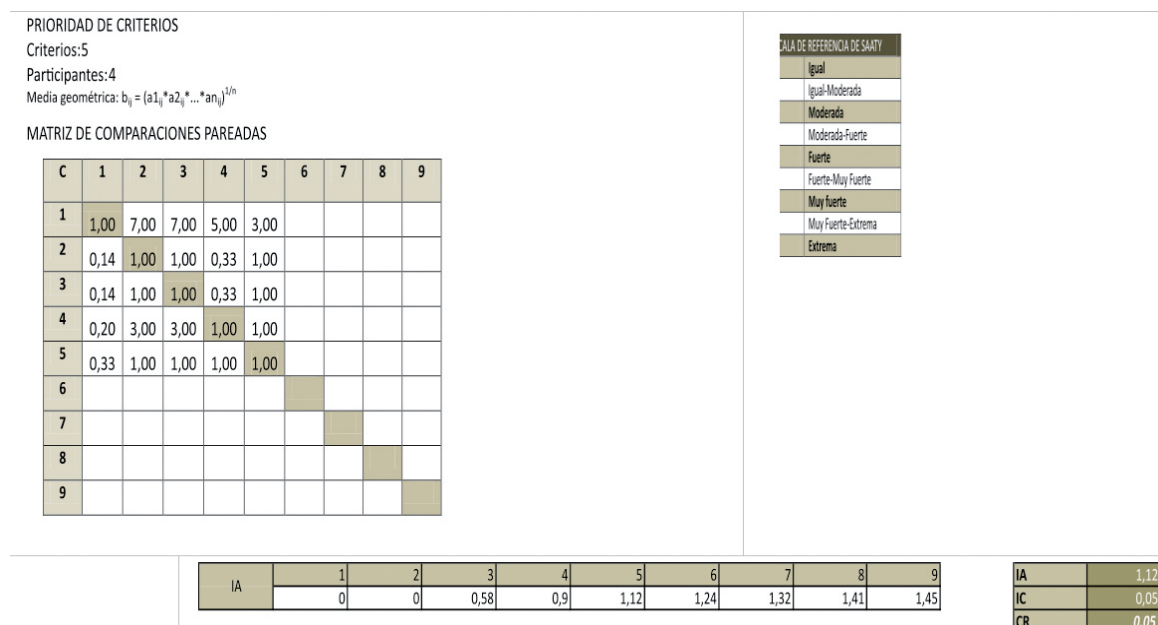


Figura 10. Matriz de comparaciones pareadas para los criterios de aptitud aplicados y comprobación de la razón de consistencia obtenida en los juicios de valor.

La prioridad obtenida a cada uno de los criterios y subcriterios, una vez aplicado el AHP, se muestran en la tabla siguientes.

			PRIORIDAD CRITERIOS / SUBCRITERIOS
CRITERIOS DE APTITUD	C.1 TIPO DE SUELO CLASIFICADO	SC1.1 SUNR	3,87%
		SC 1.2 SUE	9,77%
		SC 1.3 SNUI	40,51%
	C.2 RUTAS DE SENDERISMO		8,37%
	C.3 CALIDAD DE LAS UNIDADES DE PAISAJE	SC 3.1 TIPO_02	7,33%
		SC 3.2 TIPO_012	1,05%
	C.4 PROXIMIDAD A SERVICIOS Y ACCESOS		16,90%
	C.5 APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO / ORIENTACIÓN		12,21%

Tabla 1. Prioridad de los criterios de aptitud.

Estudiando las siete zonas clasificadas como alternativas en función de cada una de los criterios tal y como establece el modelo de análisis jerárquico se obtienen los pesos asignados a cada una de ellas en función de los criterios (tabla 2).

Es necesario indicar que ninguna de las zonas definidas para el estudio multicriterio se encuentran en suelos clasificados como SUNR y SUE, por lo que las prioridades de estos subcriterios han tenido que considerarse como cero.

Además, dentro del criterio de la calidad del paisaje, todas las zonas de estudio se encuentran catalogadas como unidades homogéneas del paisaje CMC.12, Secanos Occidentales con una matriz de valoración de calidad global media, y otros cercanos a la unidad CMC.02, Sierras Litorales

con una valoración de la calidad global muy alta, lo cual se ha tenido en cuenta en el estudio de la prioridad.

		PRIORIDAD GENERAL SC1.1	PRIORIDAD GENERAL SC1.2	PRIORIDAD GENERAL SC1.3	PRIORIDAD GENERAL C.2	PRIORIDAD GENERAL SC3.1	PRIORIDAD GENERAL SC3.2	PRIORIDAD GENERAL C.4	PRIORIDAD GENERAL C.5
ALTERNATIVAS	ZONA1	0,00%	0,00%	5,79%	1,41%	0,34%	0,15%	3,46%	2,82%
	ZONA2	0,00%	0,00%	5,79%	1,41%	0,34%	0,15%	1,36%	2,82%
	ZONA3	0,00%	0,00%	5,79%	1,41%	0,34%	0,15%	1,36%	0,31%
	ZONA4	0,00%	0,00%	5,79%	0,39%	0,34%	0,15%	3,10%	0,31%
	ZONA5	0,00%	0,00%	5,79%	0,55%	0,34%	0,15%	0,58%	2,82%
	ZONA6	0,00%	0,00%	5,79%	2,99%	2,15%	0,15%	0,58%	0,31%
	ZONA7	0,00%	0,00%	5,79%	0,21%	3,46%	0,15%	6,45%	2,82%

Tabla 2. Prioridad general asignada a cada una de las zonas de estudio en función de cada uno de los criterios.

Para establecer la zona óptima se realiza la suma de todas las prioridades de cada alternativa, y da como resultado que la zona 7 es la que cumple de forma óptima con los criterios establecidos.



Figura 11. Ortoimagen que muestra la zona 7 resultante del análisis.

4. CONCLUSIONES

En este estudio, se ha alcanzado el objetivo propuesto, que es la explicación metodológica de una herramienta de apoyo a la toma de decisiones acompañada de un caso práctico en el Campo de Cartagena.

Con la utilización de modelos de aplicación multicriterio, tanto digitales como alfanuméricos, se puede establecer de forma sencilla y rigurosa la selección de ubicaciones adecuadas que cumplan

los factores para diferentes necesidades. En este caso, la prioridad de las alternativas resulta una zona destacada, obteniendo además una jerarquización del resto de zonas objeto de estudio.

Se quiere resaltar el hecho de que la información utilizada para este análisis ha sido obtenida en gran parte de servidores públicos de acceso completamente abierto, cuestión clave para el uso de estas metodologías y que van en la misma dirección que la iniciativa INSPIRE, lo cual permitirá tener dicha información actualizada y en los formatos estándar en servidores públicos y posibilitará la utilización de este tipo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones, de forma habitual, para los diferentes estudios de análisis del terreno.

La aplicación de la evaluación multicriterio, no se construye sobre un proceso cerrado, cuyo inicio es la formulación del objeto de la valoración y su fin la obtención de una propuesta final única, sino a través de posibles alternativas y según diversos escenarios. Aunque en la práctica esto complica enormemente el diseño del modelo. Metodológicamente, se necesita llegar a valoraciones objetivas, alejadas de juicios parciales y con la seguridad de que los resultados son válidos para la toma de decisiones.

5. BIBLIOGRAFÍA

Alonso Sebastian R, Iruretagoyena, M. T. (1989). "Los métodos multicriterio en la programación de actividades agrarias". Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), ISBN: 84-7498-316-9.

Casañ Pérez, A. (2013). PFM. "La decisión multicriterio: Aplicación en la selección de ofertas competitivas en edificación". Universidad Politécnica de Valencia.

Galacho Jiménez, F.B.; Arrebola Castaño J.A. (2013) " Modelo de evaluación de la capacidad de acogida del territorio con SIG y técnicas de decisión multicriterio respecto a la implantación de edificaciones en espacios rurales ". Investigaciones Geográficas N° 60, julio - diciembre de 2013, pp. 69 - 85.

Gomez Delgado, M.; Barredo Cano, J. I. (2005) "Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio En La Ordenación Del Territorio". 2ª ED. Ed. Ra-Ma. ISBN : 978-84-7897-673-7. 304 p.

Ocaña Ocaña C., Galacho Jiménez, F.B. (2002). "Un modelo de aplicación de SIG y Evaluación Multicriterio, al Análisis de las capacidades del territorio en relación a funciones turísticas". En IV Congreso de Turismo y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, pp235-253.

Geocatálogo de la Región de Murcia. www.murcianatural.carm.es/geocatalogo.

Plan General Municipal de Ordenación de Cartagena. Gerencia de Urbanismo de Cartagena. urbanismo.cartagena.es

Instituto Geográfico Nacional. www.ign.es

Portal del paisaje de la Región de Murcia. www.sitmurcia.es/paisaje/

Dirección General del Catastro. www.catastro.meh.es/